

УДК 629.3

EDN PORGFE

А.Г. Капустин, В.С. Макаров, А.И. Марковнина, А.В. Дашков, М.С. Гулин  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ  
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
КРОНШТЕЙНОВ АМОРТИЗАТОРОВ ПОЛНОПРИВОДНОГО  
НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА МАЛОГО КЛАССА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
*Нижний Новгород, Россия*

Приведено описание оригинальных верхних кронштейнов под амортизаторы, примененных в конструкции полноприводного транспортного средства малого класса, разрабатываемого в НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Представлены результаты сравнительного анализа двух вариантов разных по конструкции кронштейнов вездехода малого класса, отобранных среди созданных кронштейнов под амортизаторы. В дальнейшем лучший вариант кронштейна утилитарной техники планируется быть собранным в масштабе 1:1.

**Ключевые слова:** полноприводное транспортное средство, утилитарная техника, вездеход, подвеска, моделирование, виртуальные расчеты, кронштейн.

Утилитарные полноприводные транспортные средства малого класса обладают рядом уникальных характеристик, которые делают их незаменимыми в различных сферах, в частности, для грузовых и пассажирских перевозок. Малые вездеходы отлично подходят для перемещения грузов и пассажиров в условиях, недоступных для обычного транспорта. Они могут передвигаться по лесным зарослям, заснеженным территориям, могут использоваться для исследования труднодоступных природных территорий. Также такие вездеходы открывают другие круглогодичные возможности для их применения, от практических до развлекательных [1]. Возможность этого транспортного средства перемещаться по труднодоступным местам (болотам и буреломам) ценится при охоте [2], а в рыболовстве используется для близкого подхода к воде и даже для пересечения небольших проток.

На рис. 1 показано утилитарное транспортное средство малого класса, разработанное в НГТУ им Р.Е. Алексеева под рабочим названием «Корсак».



Рис. 1. Утилитарное транспортное средство малого класса

Маневренность и быстрота реакции мини-вездеходов делают их незаменимыми и в сельском хозяйстве, где малые вездеходы выполняют хозяйственные функции, такие как перекопка огорода и уборка снега [3]. Они занимают свою нишу благодаря уникальным возможностям и преимуществам, делающими их полезными в различных сферах деятельности.

К сожалению, у такой техники есть значимый недостаток – отсутствие подвески, что имеет ряд негативных последствий.

1. *Повышенная вибрация и тряска.* Без подвески вездеход будет подвержен сильным ударам и тряске при движении по неровной местности, что может привести к повреждению техники и травмам пассажиров. Подвеска смягчает удары и позволяет снизить экстремальные ускорения, повышая безопасность езды и продлевая срок службы транспортного средства.

2. *Сложность управления.* Отсутствие подвески ухудшает управляемость, особенно при движении на высоких скоростях или при прохождении поворотов. Подвеска позволяет лучше контролировать транспортное средство при движении по неровной местности. Без нее вездеход может хуже держаться на дороге и скользить по поверхности, что затрудняет прохождение поворотов и выполнение маневров.

3. *Износ других компонентов.* Из-за сильных ударов и вибрации, вызванных отсутствием подвески, другие компоненты вездехода, такие как трансмиссия и шины, подвергаются повышенному износу. Это может сократить срок службы этих деталей и потребовать более частого ремонта.

4. *Низкая устойчивость.* Высокий центр тяжести и склонность к увеличению крена шасси без подвески могут снизить устойчивость транспорта. Это может привести к частым опрокидываниям и снижению безопасности при движении.

5. *Ограничения по использованию.* Подвеска особенно важна при длительном передвижении на большой скорости или в условиях сложного бездорожья, для обеспечения комфортной и безопасной езды [4]. Без подвески возможности использования вездехода будут существенно ограничены.

Для устранения подобных явлений были рассмотрены различные варианты по внедрению подвески на вездеходы малого класса.

Первый вариант – многорычажная подвеска (рис. 2). Из-за больших габаритных размеров А-образных рычагов ее проблематично вписать в изначально заложенные габаритные размеры утилитарного транспортного средства. Колеса выдвинуты за пределы ширины корпуса вездехода, что влияет на общую ширину всей полноприводной конструкции. С новой общей шириной вездеход будет сопоставим с вездеходами большего класса, которые из-за своих габаритных размеров не могут проезжать в узких местах [5]. Таким образом, из-за ширины конструкции данный вездеход потеряет свое преимущество в эксплуатации перед более крупной техникой.

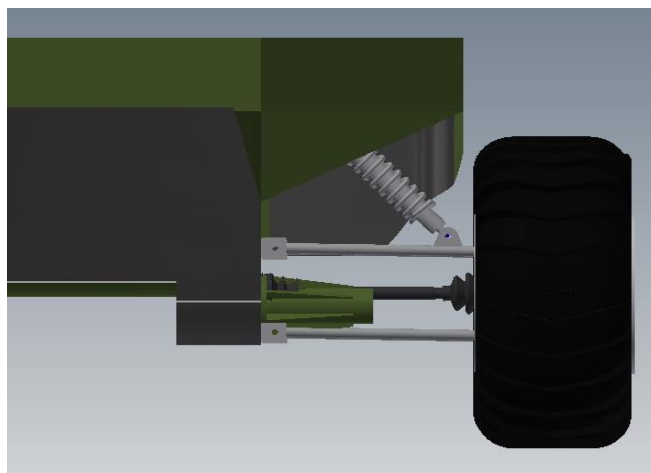
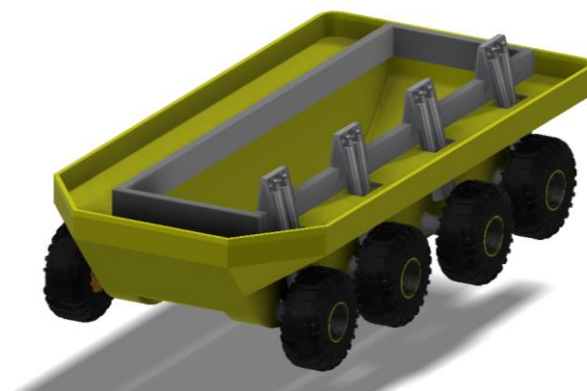


Рис. 2. Многорычажная подвеска установленная на вездеход малого класса

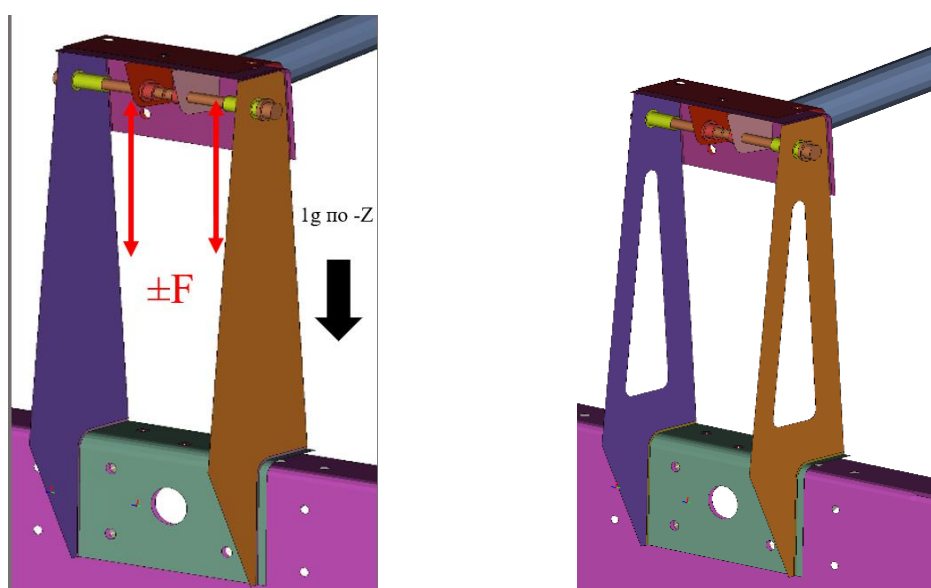
Второй вариант подвески не выходит за габариты кузова вездехода, что делает его более подходящим для данного проекта. Этот вариант модернизации подвески транспортного средства на базе вездехода «Корсак» представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Второй вариант модернизации подвески транспортного средства на базе вездехода «Корсак»**

Конструкция представляет собой верхний вертикальный кронштейн в количестве двух штук на ось, который при помощи болтовых соединений крепится к верхнему лонжерону основания вездехода. На каждом верхнем кронштейне установлены два амортизатора. Внизу амортизаторы крепятся на нижний кронштейн, установленный на нижний лонжерон вездехода – также в количестве двух штук на ось. Схожая конструкция применяется на некоторых автоспортивных вездеходах, подготовленных специально для участия в соревнованиях в дисциплине ралли-рейд. По этой же причине для расчетов бралась максимальная нагрузка на кронштейны, которую используют инженеры спортивных команд.

Для проектирования верхнего кронштейна использовались пакеты 3D-моделирования и программы расчета прочности, использующие метод конечных элементов. Расчеты проводились на двух моделях (рис. 4). В отличие от первого варианта, второй имеет фигурный вырез в боковинах с целью облегчения веса конструкции кронштейна [6].



**Рис. 4. Варианты моделей верхнего кронштейна амортизатора:**  
а) первый вариант  
б) второй вариант

На рис. 5-8 представлено влияние выреза на прочность конструкции. К обоим вариантам прикладывалась одинаковая нагрузка. Показаны распределения максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу и пластические деформации для верхних кронштейнов амортизаторов [7].

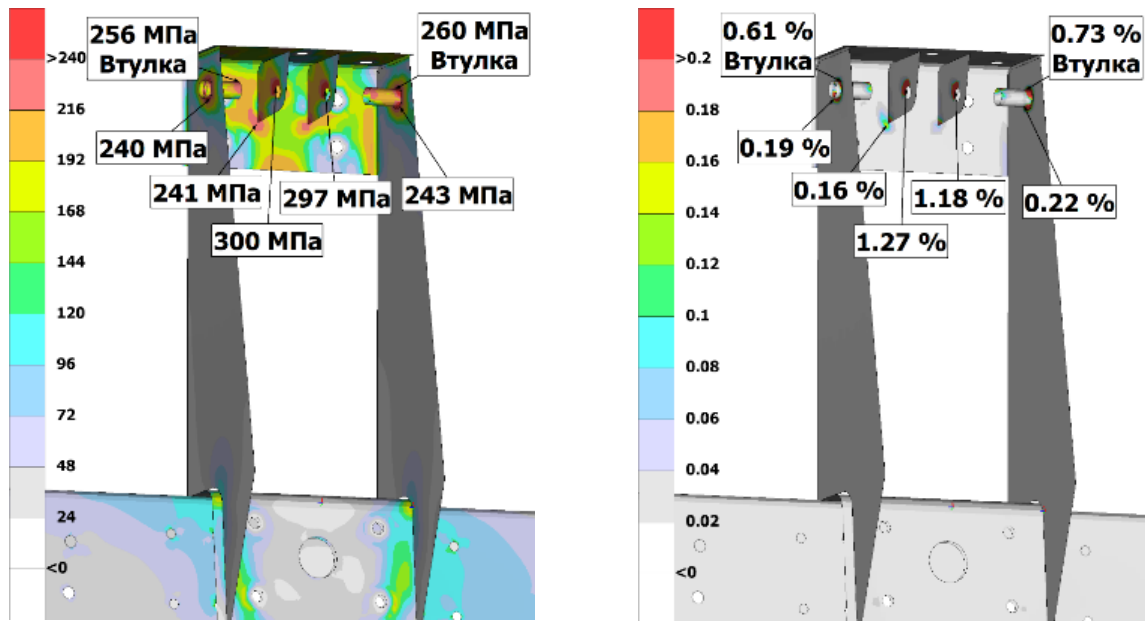


Рис. 5. Первый вариант. Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу и максимальные пластические деформации в элементах верхнего кронштейна под действием нагрузки  $+F = 35316$  Н

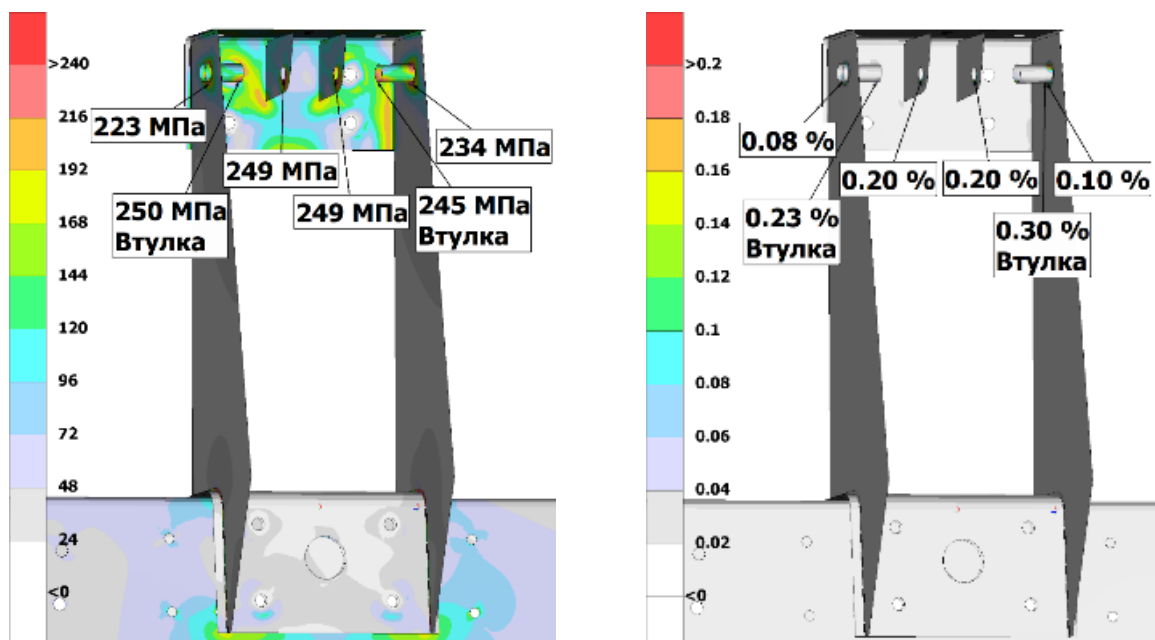


Рис. 6. Первый вариант. Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу и максимальные пластические деформации в элементах верхнего кронштейна под действием нагрузки  $-F = 25016$  Н

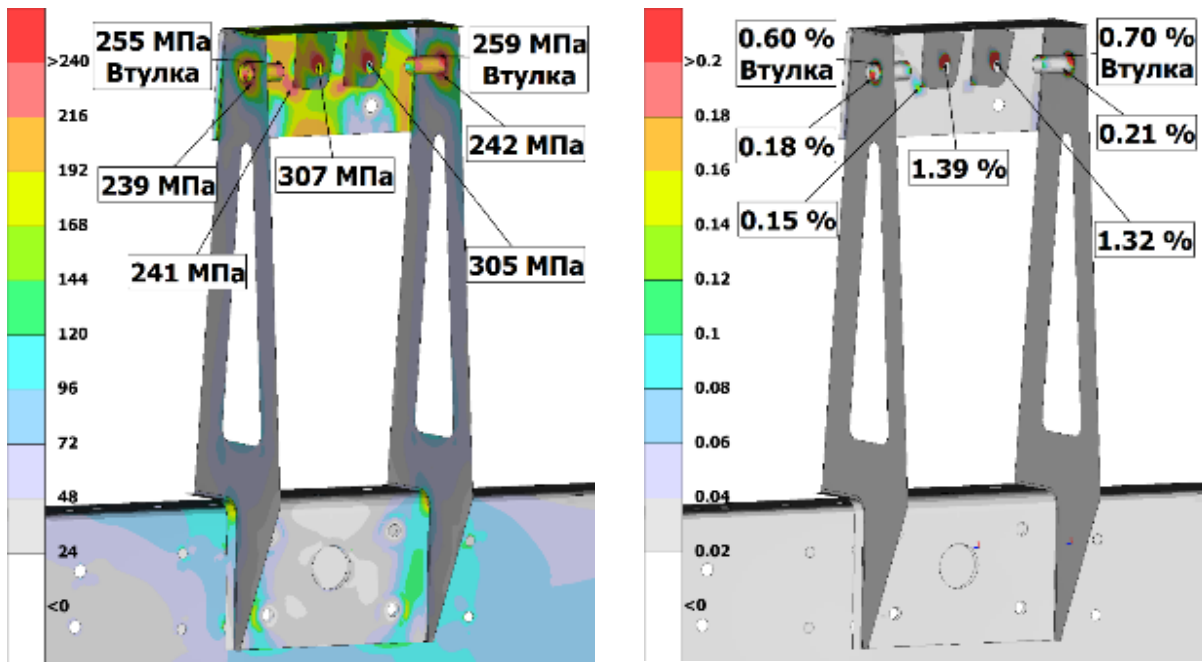


Рис. 7. Второй вариант. Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу и максимальные пластические деформации в элементах заднего кронштейна под действием нагрузки  $+F = 35316 \text{ Н}$

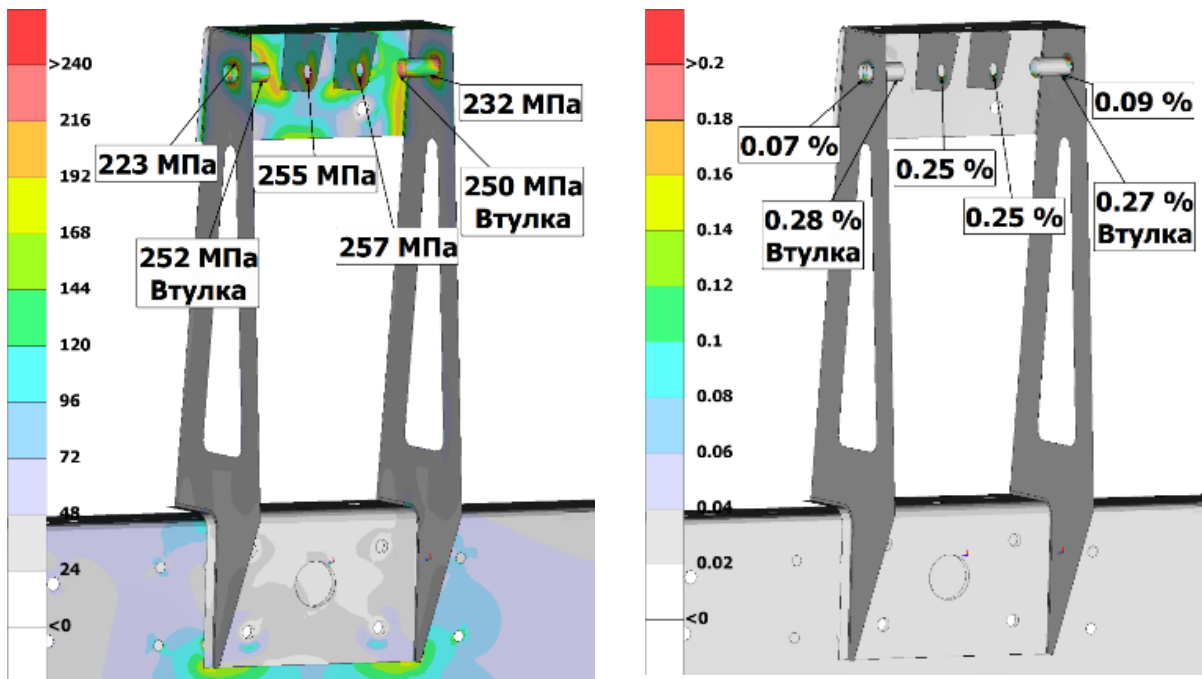


Рис. 8. Второй вариант. Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу и максимальные пластические деформации в элементах заднего кронштейна под действием нагрузки  $-F = 25016 \text{ Н}$

## Выводы

Для полноприводного утилитарного транспортного средства малого класса, проектируемого коллективом НГТУ им Р.Е. Алексеева, была разработана новая концепция подвески с оригинальными верхними кронштейнами под амортизаторы. С целью определения причин и условий разрушения верхних кронштейнов двух вариантов под действием максимальной вертикальной нагрузки  $\pm F$  ( $+F=36316$  Н и  $-F=25016$  Н) приведен пример расчета напряженно-деформированного состояния.

По результатам расчета двух конструкций кронштейнов были проанализированы зоны с самой значительной концентрацией напряжений при максимальной нагрузке. В конструкции второго варианта концентрация напряжений выше, чем в первом. Следовательно, конструкция первого варианта верхнего кронштейна под амортизаторы, являясь более прочной и долговечной, выбрана для установки на проектируемую технику.

## Библиографический список

1. **Макаров, В.С.** Исследование распределения плотности снега по высоте снежного покрова / В.С. Макаров, А.В. Папунин, А.М. Беляев, А.А. Ключкин, В.В. Беляков // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли. Материалы V Байкальской международной научной конференции - стратегической сессии. – Иркутск: Изд-во ООО «Репроцентр А1», 2023. С. 206-210.
2. **Макаров, В.С.** Сувенирная медаль «Нижегородская научно-практическая школа транспортного снеговедения» / В.С. Макаров, В.В. Беляков, А.В. Папунин, В.Е. Колотилин, У.Ш. Вахидов, Ю.И. Молев. Патент на промышленный образец RU 131665, 09.06.2022. Заявка № 2021505154 от 18.10.2021.
3. **Костин, И.М.** Обеспечение конкурентоспособности грузовых автомобилей на этапе разработки / И.М. Костин, Х.А. Фасхиев. – Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2001. – 349 с.
4. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.Е. Колотилин, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 4 (101). С. 72-77.
5. **Орлов, Л.Н.** Оценка несущей способности каркаса кузова автобуса по результатам компьютерного моделирования / Л.Н. Орлов, П.С. Рогов, А.С. Вашурин, А.В. Тумасов, Н.Ф. Феоктистов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. С. 150.
6. **Макаров, В.С.** Разработка многоосного вездеходного транспортного средства особо легкого класса с гидрообъемной трансмиссией / В.С. Макаров, А.М. Беляев, Д.М. Беляев, П.О. Береснев, А.В. Папунин, Е.Ю. Чемоданов, К.О. Гончаров, Д.В. Зезюлин, У.Ш. Вахидов // Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы. Сборник материалов 94-й международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров. Главный редактор С.М. Дмитриев. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016. С. 162-167.
7. **Каменев, С.В.** Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях / С.В. Каменев. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 110 с.